

# KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

## Puolituotevarastoajan lyhentäminen

Tomi Kraatari

Konetekniikan opinnäytetyö  
Tuotekehitys  
Insinööri(AMK)

KEMI 2011

## **ALKUSANAT**

Kiitokset Ari Pikkaraiselle, Timo Kurtille, Hannu Sankilalle ja Raimo Kaakkuriniemelle työn ohjaamisesta ja hyvistä neuvoista.

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Tomi Kraatari
Opinnäytetyön nimi	Puolituotevarastoajan lyhentäminen
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	11.04.2011
Sivumäärä	43 + 6 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Ins. (YAMK) Ari Pikkarainen
Yritys	Outokumpu Oyj
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	DI Timo Kurtti

Kylmävalssaamalla on puolituotevarasto, jonne ohjataan materiaalia, jos sitä ei voi myydä, tai ei tiedetä minne sitä pitäisi ohjata. Ptv-varastot ovat suuret, joten niihin sitoutuu korkokustannuksia, joita haluttiin pienentää. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää syyt, miksi KYVA:n Ptv-varastoon jää pitkäksi aikaa materiaalia. Alun perin oli tarkoitus saada lyhennettyä ptv-aikaa muutamaa kuukauteen. Työssä tutkittiin Outokummun tuotannonohjausjärjestelmiä, joista poimittiin tiedot syiden selvittämiseksi. Näiden tietojen perusteella tehtiin parannusehdotuksia PTV-rullien läpimenoajan nopeuttamiseksi.

Alkuvaiheessa opinnäytetyön tekemistä havaittiin, ettei Outokummun tietojärjestelmissä lukenut suoraan syitä, miksi materiaali on ptv-varastossa. Opinnäytetyön tavoitteena on saada selvitettyä tekniset syyt, jotka aiheuttavat PTV-rullien liian pitkän varastoitumisen ja kehittää parannusehdotuksia läpimenoajan nopeuttamiseksi.

Työtä tehtiin Outokummun tietojärjestelmiä (RETU, PIHA) tutkimalla. Aluksi saatiin listat ptv-rullista, jonka jälkeen ne käytiin rulla rullalta läpi ja pääteltiin ptv-ajat, pintavirheiden tunnusluvut sekä monet muut tiedot. Tämän jälkeen analysoitin rullia ajan ja laatuja mukaan ja taulukoitiin ne. Lopuksi tehtiin yhteenveto, jossa ohjeistetaan ptv-rullien varastointia ja pohditaan myös ehdotuksia ptv-materiaalin vähentämiseksi.

Opinnäytetyössä saavutettiin alun perin asetetut tavoitteet. Työ olisi pitänyt saada nopeammin tehtyä, mutta ptv-aikojen päättelemisen ja muitten tietojen etsiminen tietojärjestelmistä oli niin hidasta työtä, ettei aikataulussa pysytty. Työn perusteella tehdyn ohjeistuksen avulla saadaan vähennettyä ptv-materiaalia, joka tuo säästöjä Outokummulle.

Asiasanat: ptv, RETU, kyva

## ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology

Degree Programme

Mechanical and Production Engineering

Name

Tomi Kraatari

Title

Making the Storing Time of Semi Stocks Shorter

Type of Study

Bachelor's Thesis

Date

11 April 2011

Pages

43 + 6 appendices

Instructor

Ari Pikkarainen, M.Eng

Company

Outokumpu Oy

Contact Person/Supervisor

from Company

Timo Kurtti, M.Sc. Outokumpu Oy

There are semi stocks in the cold rolling mill, where material will be directed if it cannot be sold or it is not known where it should be directed. The semi stocks are large and that causes costs to Outokumpu Oy. The purpose of this thesis was to clarify why the material stays in the semi stock for a long time. Originally it was intended to shorten time to a few months. In this thesis the production control systems of Outokumpu were examined and the reasons for large semi stocks material were examined. On the basis of this information the improvement proposals were made to accelerate the turnaround time of the rolls.

At the beginning of thesis writing, it was found that Outokumpu's computer systems did not read the reasons why material is in the pty warehouse. The objective of the thesis is to clarify the technical reasons which cause the too long storing of the rolls and to develop improvement proposals to accelerate the turnaround time.

The thesis was carried out by examining the information processing systems of Outokumpu. First the lists of the rolls were received and after that they were analyzed and the semi stock times were concluded, the indicators of surface defects and many other data. After this the rolls were analyzed according to time and qualities and they were tabulated. Finally a summary was made in which the storage of the semi stock rolls is instructed and suggestions to reduce the material were also considered.

In this thesis the goals were achieved. The study should have been carried out faster but the concluding of semi stock times and looking for the information in the processing systems were so slow work that the schedule was not kept. According to this thesis semi stock material can be reduced, and that will bring savings to Outokumpu.

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
2.	TORNIO WORKS .....	2
2.1.	Historiaa .....	2
2.2.	Kemin kaivos .....	4
2.3.	Ferrokromitehdas .....	6
2.4.	Terässlaitto .....	7
2.5.	Kuumavalssaamo .....	8
2.6.	Kylmävalssaamo .....	9
2.7.	RAP5 .....	10
3.	TUOTTEET .....	11
3.1.	Teräslaadut .....	12
3.2.	Nykyinen materiaalivirta .....	12
4.	RETU- JA PIHA -tuotannonohjausjärjestelmät .....	14
4.1.	RETU .....	14
4.2.	PIHA .....	15
5.	PINNANTARKASTUKSEN TUNNUSNUMEROT .....	16
5.1.	Laatuluokat ja käyttötarkoituskoodit .....	16
5.2.	Virheet ja niiden aiheuttamat toimenpiteet .....	17
6.	PTV-MATERIAALI .....	20
6.1.	Syitä .....	20
6.2.	Ptv-rullat kesinä 2010 ja 2009 .....	21
7.	RULLAT AJAN KESKIARVOJEN JA KILOMÄÄRIEN SUHTEEN .....	22
7.1.	Käyttötarkoituskoodit rullien lukumäärien, rullien painojen ja rullien ptv-ajan suhteen .....	23
7.2.	Toimitustilat rullien lukumäärien, rullien painojen ja rullien ptv-ajansuhteen .....	26
7.3.	Teräslaadut rullien lukumäärien, rullien painojen ja ptv-ajan suhteen .....	30
8.	OHJEISTUS .....	34
8.1.	Varastoitava materiaali .....	35
8.2.	Teräs uudelleen käsittelyyn .....	36
8.3.	Uudelleen sulatettavaksi .....	36
8.4.	Lopputulos .....	38
9.	UDELLA OHJEISTUKSELLA SAAVUTETTAVA SÄÄSTÖ .....	40
10.	YHTEENVETO .....	41
11.	LÄHDELUETTELO .....	42
12.	LIITELUETTELO .....	43

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

KYVA	kylmävalssaamo
KUVA	kuumavalssaamo
HEPE	hehkutus ja peittäus
HP3	hehkutuspeittäuslinja 3
LA	läpimenoaika
PA	prosessointiaika
JT	terässulatto
RAP5	kylmävalssaamo 2 (Rolling-Annealing-Pickling)
ptv	puolituotevarasto

## 1. JOHDANTO

Outokumpu Oyj:n Tornion tehtailla valmistetaan ferrokromia ja ruostumatonta terästä, joista jälkimmäinen on päätuote. Ruostumaton teräs valmistetaan tehtaiden valssaimilla rullien tai levyjen muotoon. Tornion tehdas on maailman suurin yhtenäinen teräksen valmistuksen tuotantoketju. Pääraaka-aineet ovat teräsromu, sekä Kemin kaivokselta saatava kromimalmi.

Aiheen opinnäytetyöhön sain Timo Kurtilta kylmävalssaamon projektitoimistolta. Työn aihe liittyy lopputuotteiden varastoinnin tehostamiseen. KYVA:n PTV-varastoon jää toisinaan osa rullista leikkaamatta, ja ne jäävät varastoon pitkäksi aikaa. Kyseiseen varastoon jäävästä materiaalista tulee kustannuksia yhtiölle sitä enemmän, mitä kauemmin tavara siellä viipyy. Nykyisessä taloudellisessa tilanteessa on erityisen tärkeää huomioida tällaisia asioita, ja kehittää materiaalin läpimenoaikoja nopeammiksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada selvitettyä tekniset syyt, jotka aiheuttavat PTV-rullien liian pitkän varastoitumisen ja kehittää parannusehdotuksia läpimenoajan nopeuttamiseksi. Työtä tehdään Outokummun tietojärjestelmiä (RETU, PIHA) tutkimalla.

## 2. TORNIO WORKS

Outokumpu-konsernin toiminta keskittyy teräkseen ja teknologiaan. Torniossa ja Keminmaassa toimivat Outokumpu Stainless Oy ja Outokumpu Chrome Oy kuuluvat Outokumpu-konsernin General Stainless -liiketoiminta-alueeseen. /3/

Ainutlaatuinen ja täysin integroitu tuotantoketju alkaa Keminmaassa sijaitsevasta kromikaivoksesta ja jatkuu Torniossa ferrokromitehtaan, terässulaton, kuumavalssaamon sekä kylmävalssaamojen prosesseissa. Tornion terästehdas on maailman suurin yhtenäinen ruostumattoman teräksen valmistusyksikkö. /3/

Torniossa ja Keminmaassa työskentelee yhteensä noin 2400 henkilöä. Lisäksi kromi ja terästuotannon välillinen vaikutus alueelle on lähes 9000 työpaikkaa. /3/

Suurin osa lopputuotannosta, ruostumattomista teräsnauhoista ja -levyistä, toimitetaan Tornioista asiakkaille yli 60 eri maahan. Osa tuotannosta kulkee Röyttän sataman kautta laivoilla Terneuzeniin, Hollantiin. Siellä nauhat ja levyt leikataan asiakkaiden haluamiin mittoihin jatkokäsittelylaitoksessa, Outokumpu Stainless Oy:n tytäryhtiössä Outokumpu Stainless B.V:ssä. /3/

Röyttän satamassa toimii Outokumpu Stainless Oy:n toinen tytäryhtiö, Kandelinin Seuraajat Oy. Se huolehtii Röyttän sataman tavaraliikenteestä ja vastaa kaikesta satamassa tapahtuvasta laivojen ahtaus- ja laivanselvitystoiminnasta. Tämän lisäksi yhtiö harjoittaa kuorma-autoliikennettä. /3/

### 2.1. Historiaa

Vuonna 1958 sukeltaja Martti Matilainen löysi Elijärvestä kromimaliesiintymän ensimmäiset lohkareet. Tämä tapahtumasarja johti Tornion kromi- ja terästuontantoon.



Elijärven kaivos on eräs maailman merkittävimpiä kromiesiintymiä. Sen todetut malmivarat ovat tällä hetkellä 41 milj. tonnia, lisäksi mineraalivarantoja arviolta 86 milj. tonnia. Tämä tarkoittaa noin 4 % koko maailman tunnetuista kromivaroista. Tällä hetkellä louhittu määrä on yli 1 miljoona tonnia vuodessa. /3/

Vuonna 1964 tehtiin päätös malmivarojen hyödyntämisestä ja vuonna 1968 tapahtui tuotannon käynnistäminen eli ferrokromisulaton ensimmäinen sulanlasku. Alussa sulaton tuotanto oli noin 25 000 tonnia ferrokromia vuodessa. Nykyisillään tuotantokapasiteetti on yli kymmenkertainen eli noi 270 000 tonnia. Se vastaa noin 4 % koko maailman tuotannosta. /3/

Vuonna 1973 nousi yli kolme vuotta kestänyt ”terässota” terästehtaan sijoituspaikasta. ”Sodan” jälkeen terästehtas päätettiin sijoittaa ferrokromitehtaan läheisyyteen Tornion Röyttään. Outokumpu Oyj omistaa Röyttässä noin 250 hehtaarin maa-alueen, josta rakennetun alan osuus on yli 10 %. Syyskuussa 1974 muurattiin terästehtaan peruskivi. Tästä alkoi yhteistyö saksalaisen Friedrich Krupp Huttenwerke AG:n kanssa. Osa tulevan terästehtaan henkilöstöstä koulutettiin Saksassa ja Itävallassa. Vuonna 1976 jaloterästehtaan toiminta Torniossa käynnistyi. /3/

Toukokuussa 1977 Presidentti Urho Kekkonen vihki terästehtaan käyttöön. Kylmävalssaamon silloinen tuotantokapasiteetti oli 50 000 tonnia vuodessa. Nykyinen tuotantokapasiteetti on yli kymmenkertainen. /3/

Vuonna 1985 Ferrokromitehtaan saneerauksen yhteydessä rakennettiin toinen sulatusuuni, joka mahdollisti tuotannon kaksinkertaistamisen. Uusi pelletointi- ja sintrauslaitos käynnistyi 1989. /3/

1988 käyttöön vihitty kuumavalssaamo mahdollisti tuotantoketjun kromimalmista aina teräsnauhoihin ja teräslevyihin asti. Vuonna 1992 kylmävalssaamo laajeni kolmannella hehkutus- ja peittauslinjalla. Tämä nosti tehtaan tuotantokapasiteetin yli 250 000 tonniin. /3/

Outokumpu Oy:n omistaman käsittelylaitoksen toiminta Hollannin Terneuzenissa käynnistyi vuonna 1993. Röyttän satamasta Terneuzenin käsittelylaitokseen kuljetettavat teräsnauhat leikataan ja halkaistaan siellä asiakasmittoihin. /3/

Maaliskuussa 1998 vihittiin käyttöön uusi kromikonvertteri, kylmävalssain 3, hehkutus- ja peittauslinja 4, viiimeistelyvalssain 2 sekä rullien pakkauslinjat ja korkeavarasto. Kylmävalssatun teräksen tuotanto nousi yli 400 000 tonniin vuodessa ja kuumavalssatun tuotteen tuotanto säilyi 100 000 tonnin vuositasolla. Vuonna 1999 käynnistettiin Eljärvellä sijaitsevan kromikaivoksen laajennukset maan alle. Laajennustyöt valmistuivat vuonna 2003 ja louhintakapasiteetti saatiin nousemaan 2,5 miljoonaan tonniin vuodessa. /3/

Vuonna 2001 ruostumatonta terästä valmistavat Outokumpu Steel ja ruotsalainen Avesta Sheffield fuusioituvat. Fuusion yhteydessä myös yhtiön nimi ja logo muuttuivat. Uuden yhtiön nimeksi tuli AvestaPolarit. /3/

Kylmävalssaamo2 eli RAP 5 valmistui vuonna 2002. Nimi RAP tulee sanoista rolling (valssaus), annealing (hehkutus) ja pickling (peittaus). Numero 5 tulee hehkutus- ja peittauslinjan järjestysnumerosta. Tämä oli ensimmäinen linja maailmassa, jossa on liitetty kaikki valssaimet sekä hehkutus- peittauslinja yhdeksi pitkäksi linjaksi. Tällä toiminnalla saavutetaan entistä huomattavasti suurempi tuotantonopeus. /3/

Vuonna 2009 oli tarkoitus aloittaa kolmannen kromisulaton ja uuden sintraamon rakentaminen. Investointia kuitenkin lykättiin finanssikriisin takia. Investointi on nyt käynnissä. /3/

## **2.2. Kemin kaivos**

Kemin kaivos on EU-alueen ainoa kromikaivos. Se sijaitsee noin 20 kilometrin päässä Outokumpu Stainless Oy:n terästehtaasta. Kemin kaivos tuottaa kromirikasteita

ferrokromitehtaan raaka-aineeksi. Outokumpu Chrome Oy:öön kuuluvan kaivoksen henkilövahvuus on noin 130 henkilöä. Tämän lisäksi kaivoksella työskentelee noin 80 henkilöä eri urakoitsijoiden palveluksessa. /3/

Kaivoksen todetut malmivarat ovat noin 50 miljoonaa tonnia. Lisäksi mineraalivarantoja on arvioitu olevan noin 90 miljoonaa tonnia. Keskimäärin 40 metrin paksuinen, lähes pystyasennossa oleva malmiesiintymä on noin kilometrin pituinen. Malmin kromioksidipitoisuus on 26 % ja sen kromi-rauta-suhde on 1:1,6. /3/

Malmia on tuotannon alusta alkaen louhittu avolouhintana. Avolouhos ulottuu nykyisin 170 metrin syvyyteen. Vuotuinen louhinta on noin 1,2 miljoonaa tonnia malmia ja noin louhintaan vuoteen 2007 mennessä. /3/

Maanalaisen kaivoksen malminnostolinja käynnistyi syksyllä 2003. Maanalaiseen kaivokseen kuljetaan vinotunnelin tai kuilun kautta. Malmin louhinta on aloitettu 500 metrin syvyydestä, josta edetään ylöspäin kohti avolouhoksen pohjaa. /3/

Tyhjäksi louhitut yksittäiset louhokset täytetään sivukivellä. Louhoksista malmi kuljetetaan maanalaiselle murskaamolle. Murskattu malmi siirretään hihnakuljetinjärjestelmillä kuilun läheisyydessä sijaitseviin esimurskesiiloihin. Siiloista malmi ohjataan edelleen mittataskun kautta nostokappaan. Malmi nostetaan kapassa kuilun kautta 70 metriä korkean nostotornin purkusiiloon, josta se syötetään rikastusprosessiin. Maanalaisen liikkuvan kaluston huoltopaikat ovat maan alla, kuten myös vedenpoiston, ilmanvaihdon, sähköistyksen, kommunikoinnin ja muun tarvittavan infrastruktuurin vaatimat tilat ja laitteet. /3/

Kromimalmi rikastetaan Kemin kaivoksen rikastamossa pala- ja hienorikasteiksi. Ensimmäisessä vaiheessa, murskaamalla malmi murskataan ja seulotaan jatkoprosesseja varten kappalekokoon 12–100 mm. Palarikastamalla malmista erotetaan raskasväliaine-prosessilla palarikaste. Hienorikastamalla malmi ensin hienonnetaan tanko- ja kuulamylyssä, jonka jälkeen varsinainen prosessointi tapahtuu

painovoimarikastusmenetelmillä käyttäen spiraaleja ja Reichert-kartioerottimia. Osa malmista rikastetaan lisäksi vahvamagneettisella erotusmenetelmällä. /3/

### 2.3. Ferrokromitehdas

Ferrokromitehtaan tavoitteena on mahdollisimman tehokas Kemin malmin hyödyntäminen. Prosessiin kuuluu sintraamo ja kaksi sulatusuunia. Sintraamolla vuosikapasiteetti on 400 000 ja ferrokromisulatolla yhteensä 270 000 tonnia. Suljetut tuotantoprosessit ja moderni automaatio- ja ohjausjärjestelmä takaavat korkean käyntiasteen, luotettavan toiminnan ja siistin työskentely-ympäristön. Outokumpu Chrome Oy:n palveluksessa Torniossa on 180 henkilöä. /3/

Sintraamolla hienorikaste ensin jauhetaan ja pelletoidaan. Sen jälkeen pelletit sintrataan sintrausuunissa, missä ne 1400 °C:n lämpötilassa kovettuvat ja ovat valmiit sulatukseen. /3/

Sintrausuunin lämpöenergia saadaan häkäkaasuun ja pelletteihin sekoitettavan koksipölyn poltolla ja energiankulutus minimoidaan kuumia poistokaasuja kierrättämällä. /3/

Pellettejä, palarikastetta, koksia ja kvartsiittia sisältävä sulatuspanos etukuumennetaan 500–800-asteiseksi polttamalla häkäkaasua etukuumennussiiloissa. Näin syntyy energiasäästöjä ja sulatusuunien 15–25 % kapasiteetin kasvu. Raaka-aineiden huolellinen laadunvalvonta takaa maksimituotannon ja tasalaatuisen tuotteen. Sulatusuuneista saatu metalli ja kuona lasketaan valusenkkoihin 2,5 tunnin välein. /3/

Kuonan laskulämpötila on 1700 °C ja ferrokromin laskulämpötila 1600 °C. Kuona granuloidaan ja metallikerroksen pinnalle jäävä ohut kuonakerros poistetaan. Valtaosa ferrokromitehtaan tuotannosta toimitetaan automaattijunalla sulana terässulatolle. Ferrokromin piipitoisuus analysoidaan metallisulasta otetusta näytteestä ja tulos raportoidaan välittömästi terässulatolle kromikonvertterin prosessin optimoimiseksi. Osa ferrokromista

valetaan ja jäähdytetään. Tuote murskataan ja seulotaan tuotekäsittelylinjalla terässulaton haluamaan raekokoon. /3/

## 2.4. Terässulatto

Terässulaton tuotanto alkaa raaka-ainevarastolta, josta tarkoin lajiteltu kierrätysteräs kuljetetaan korissa sulattolinjoille. Tarvittaessa kierrätysteräs kuivataan esikuumennuksella ja panostetaan joko valokaariuuneihin tai kromikonvertteriin. Siilojärjestelmän kautta sulaan voidaan lisätä myös muita ferroseoksia, poltettua kalkkia ja kalsiumfluoridia. /3/

Kromikonvertterissa sulasta poistetaan happipuhalluksella pii ja osa hiilestä. Valokaariuuneille panostetaan kierrätysteräksen lisäksi nikkeliä, molybdeenioksidia ja ferrokromia sekä koksia. /3/

Sulaton sydämiä ovat AOD-konvertterit, joissa sulasta poistetaan happi-argon-seoksen puhalluksella hiili ja kuona-ainekäsittelyllä rikki. /3/

Konvertterista sula teräs siirretään senkoissa senkka-asemalle, missä siihen voidaan vielä lisätä pieniä määriä kierrätysterästä, ferrokromia, nikkeliä ja muita seosaineita, jotta saavutetaan asiakkaan tilaama loppukoostumus. Senkka-asemilla täsmätään myös seoksen valun edellyttämä lämpötila. Senkkaasemilta sula teräs siirretään jatkuvavalukoneille. Koneissa sula jähmettyy ja se katkaistaan teräsaihioiksi. Jatkuvavalukoneella voidaan valaa keskeytyksettä useita senkallisia sulaa terästä. /3/

Terässulaton vuosituantokapasiteetti on 1,7 miljoonaa tonnia valettuja aihioita. Sulatolla työskentelee yhteensä 360 henkilöä. /3/

Valetut aihiot ovat 800–1620 mm:n levyisiä, 167–220 mm:n paksuisia, noin 14 metriä

pitkiä sekä 20–26 tonnin painoisia. Aihioden mahdolliset pintaviat korjataan hiomalla. Hiomon viidestä hiomakoneesta kolmella voidaan ahiot hioa kuumina. /3/

Valtaosa aihioista kuljetetaan lämpöeristetyissä vaunuissa kuumina suoraan kuumavalssaamon prosessiin, osa jäähdytetään ja varastoidaan aihiohalliin odottamaan jatkokäsittelyä. /3/

## 2.5. Kuumavalssaamo

Terässulatossa valetut ahiot panostetaan kuumavalssaamolla askelpalkkiuuneihin, joissa niiden lämpötila nostetaan 1260–1280 asteeseen. Uunien yhteenlaskettu kapasiteetti on 370 tonnia tunnissa, ja niiden polttoaineena käytetään hääkäkaasua ja/tai propaania. Kylmän aihion kuumennus kestää kolme tuntia. /3/

Kuuma aihio siirretään askelpalkkiuunista rullaradalle ja sitä pitkin etuvalssaimelle, jossa ahiota valssataan edestakaisin. Alkuaan noin 14 metrin pituinen, 180 mm:n paksuinen aihio muuttuu etuvalssaimen käsittelyssään noin 100 metrin pituiseksi, 22 mm:n paksuiseksi nauhaksi. Valssaimen moottorien teho on 30 MW. Pystyvalssain pitää aihion leveyden halutuissa mitoissa. Etuvalssaimella aihion lämpötila on 1100 °C. /3/

Satametrinen nauha siirretään rullaradalla Steckel-tyyppiselle nauhavalssaimelle. Edestakaisen valssauksen aikana nauha siirtyy kelainuunilta toiselle lämpötilan pitämiseksi mahdollisimman korkeana. Prosessivaiheen aikana nauhan lämpötila laskee kuitenkin 950 asteeseen. Steckel on kuusivalssinen valssain, jossa työ- ja välivalssaja voidaan siirtää sivusuunnassa, jolloin saavutetaan parempi paksuuden, profiilin ja tasomaisuuden säätö. Valssaimen suurin puristusvoima on 4000 tonnia ja suurin valssausnopeus 600 metriä minuutissa. Steckel-valssaimelta nauha siirtyy kolmen lisävalssituolin kautta kelaimelle. Rullat jäähdytetään jäähdytysaltaissa, jonka jälkeen ne siirretään jatkokäsitteltäviksi kylmävalssaamoon. /3/

## 2.6. Kylmävalssaamo

Musta, hilsepintainen kuumanauha kuljetetaan erikoisajoneuvolla kylmävalssaamon hehkutus- ja peittauslinjalle 3 rap5:lle. Hehkutusuunissa nauha hehkutetaan pehmeäksi niin, että sen rakenne tasaantuu 1050–1150 asteen lämmössä. Sen jälkeen nauha jäähdytetään ja sen pinnalla oleva oksidikerros rikotaan kuulapuhalluksella. Elektrolyytti- ja sekahappopeittauksilla liuotetaan nauhan pinnasta loput oksidikerroksesta sekä pintaan syntynyt kromiköyhä kerros. /3/

Hehkutus- ja peittausprosessissa kuumanauhan pinta muuttuu mustasta kirkkaaksi. Tämän jälkeen nauha valssataan lopulliseen paksuuteensa Sendzimir-valssaimella, joita kylmävalssaamossa on yhteensä kolme. Niissä nauhaa voidaan ohentaa peräti 80 %. /3/

Kylmävalssauksessa teräs lujittuu niin, että se on vielä hehkutettava ja peitattava, jolloin sen muovattavuus palautuu ja se saa asiakkaan tilaamat lujuusominaisuudet. Tämä tapahtuu hehkutus- ja peittauslinjoilla 1, 2 ja 4, joiden paksuusalue on 0,4–6,5 mm. Toimintaperiaate linjoilla on muuten sama kuin linjassa nro 3, mutta kuulapuhallusta ei enää kylmävalssatuille teräsnauhoille tarvita. /3/

Kylmävalssattu, hehkutettu ja peitattu teräsnauha valssataan vielä kevyesti viimeistelyvalssaimilla, joita on kaksi. Käsittely parantaa nauhan sileyttä ja tasomaisuutta. Nauhat, joiden paksuus on 0,5–2,0 mm, voidaan tarvittaessa ajaa myös venytysoikaisulinjan läpi niiden tasomaisuuden edelleen parantamiseksi. /3/

Teräsnauhat leikataan asiakkaan tilaamiin mittoihin joko kapeammiksi nauhoiksi tai levyiksi halkaisulinjalla ja katkaisulinjalla, joita on kolme kumpaakin. Katkaisulinjoissa on myös rullanoikaisukoneet, jotka takaavat asiakkaiden vaatiman hyvän tasomaisuuden.

Tämän jälkeen nauharullat ja levyt paketoitaan automaattisella rullan- tai levynpakkauslinjalla. Kylmävalssaamon viimeinen yksikkö käsittää automaattisen korkeavaraston sekä lähettämön, jossa paketit lastataan kuljetusta varten. /3/

## **2.7. RAP5**

Jatkuvatoiminen RAP-linja (rolling-annealing-pickling) koostuu kolmituolisesta tandemvalssaimesta, hehkutus- ja peittausosasta, viimeistelyvalssaimesta sekä venytysoikaisuyksiköstä. Linja sijaitsee erillisessä rakennuksessa, kylmävalssamo 2:ssa, sen kolmessa eri kerroksessa. /3/

Ensimmäisen kierroksen aikana 2–6 mm:n paksuinen musta kuumanauha hehkutetaan ja peitataan kirkkaaksi kuumanauhaksi. Toisella kierroksella nauha kylmävalssataan, jolloin se ohenee 1–3 mm:n paksuiseksi ruostumattomaksi kylmävalssatuksi teräkseksi. Varaajien avulla RAP toimii keskeytyksettä. Niiden kapasiteetin ollessa täydessä käytössä linjassa on nauhaa yli neljä kilometriä. /3/

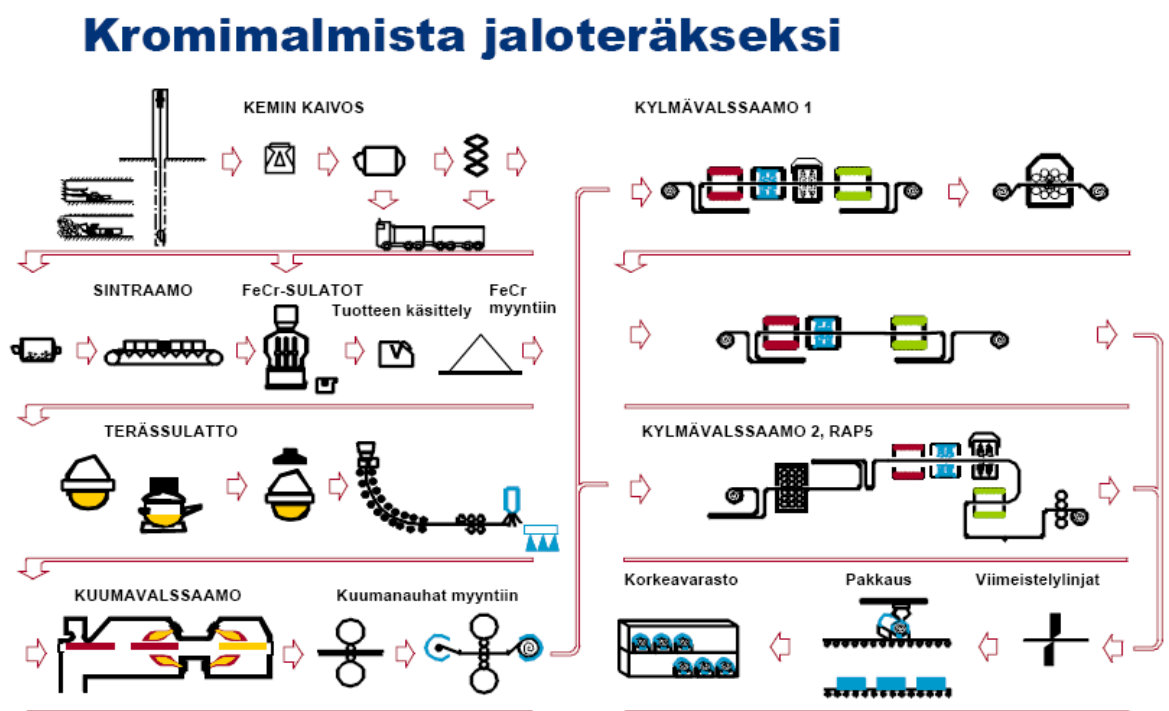
Kylmävalssaamo 2:ssa on oma automaattinen korkeavarasto, jossa varastoidaan prosessiin tulevat, välivaiheessa olevat ja toimitukseen lähtevät valmiit rullat. /3/



### 3. TUOTTEET

Tornion tehtailla valmistetaan ruostumatonta terästä, joka on valssattu ohueksi nauhaksi. Kyseiset tuotteet ovat pakattu rulliksi tai levyiksi asiakkaan vaatimusten mukaan. Torniossa valmistetaan myös ferrokromia lähinnä omaan käyttöön. Muutaman vuoden kuluessa valmistuu ferrokromitehtaan laajennus, jolloin ferrokromia riittää enemmän myytäväksi.

Alla olevassa kuvassa näytetään yksinkertaistettuna Tornion tehtaiden tuotannon vaiheet kaivoksesta varastoon asti.



Kuva 1. Kromimalmista jaloteräkseksi /3/

### 3.1. Teräslaadut

Tornion tehtailla tuotetaan kolmen tyyppistä ruostumatonta terästä: austeniittista, mangaani ja ferriittistä terästä. Jokaista laatua on monenlaisia erityyppisiä seoksia.

Parhaiten korroosiota kestäviä laatuja tehdään austeniittisesta teräksestä. Austeniittisiin laatuihin seostetaan runsaasti nikkeliä, jonka ansiosta korroosiota kestävä ominaisuus saadaan erittäin hyväksi.

Nikkeli on kuitenkin erittäin kallista, joten on kehitelty edullisempia ruostumattoman teräksen laatuja. Mangaaniteräksessä osa nikkelistä on korvattu halvemmalla mangaanilla. Lopputulos on melko hyvin korroosiota kestävä terästä, ei kuitenkaan austeniittisen veroista. Ferriittisessä laadussa nikkeliä ei ole ollenkaan, joten se on huomattavasti edullisempaa valmistaa kuin austeniittiset laadut. Ferriittisiä ruostumattomia teräksiä ei voida käyttää kaikkein vaativimmissa paikoissa, joissa olosuhteet ovat korroosiolle erittäin otolliset. Ferriittisiä teräksiä käytetään esimerkiksi sisätiloissa mm. hissien sisäverhoiluissa.

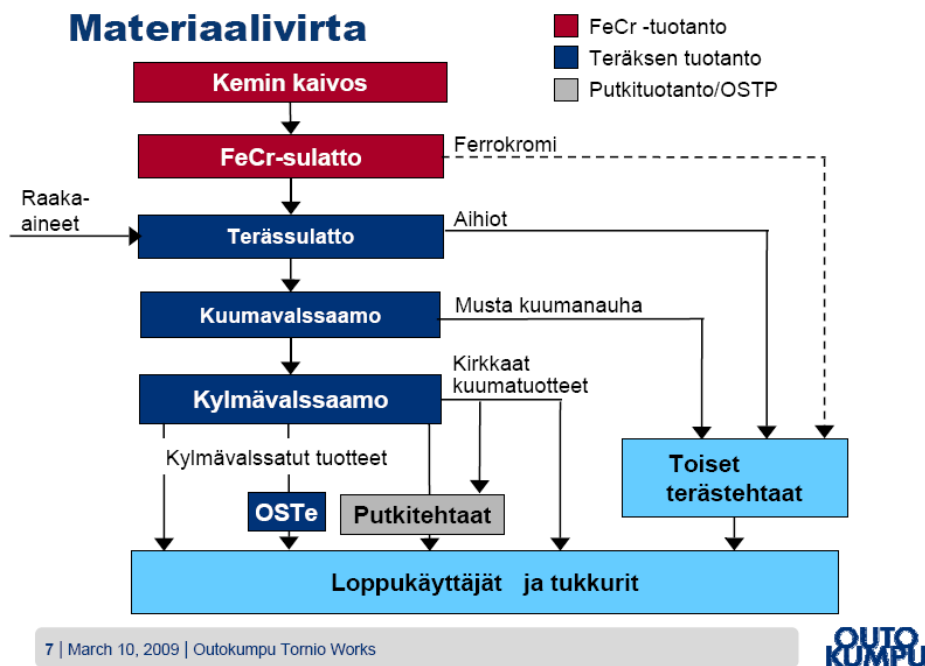
### 3.2. Nykyinen materiaalivirta

Terässulatolla sula teräs seostetaan asiakkaan vaatimusten mukaan ja valetaan aihio. Aikaa tähän kuluu 6 tuntia. Tämän jälkeen aihio lähetetään kuumavalssaamolle varastoinnin kautta. Kuumavalssaamon läpimenoaika on 16 tuntia minkä lisäksi on 12 tunnin jäähdytysaika. Tässä vaiheessa aihio on muuttunut nauhaksi. Nauha viipyy varastossa 4,2 päivää ennen kuin se viedään kylmävalssaamolle esihehkutukseen ja peittaukseen, tai RAP5-linjalle samoihin toimenpiteisiin. /3/

HP3-linjan läpi materiaali virtaa 63t/h ja RAP5-linjan läpi 150t/h. Näiden jälkeen nauha viedään kylmävalssaimille, joissa nauha prosessointiaikoinen ja jäähdytyksineen viipyy

8,5 tuntia. Loppuvehkutis ja peittauksessa kestää tunnin ja viimeistelyvalssauksessa puoli tuntia. /3/

Läpimenoaika teräksellä terässulatolta kylmävalssaamon loppuvarastoon on 22 päivää, kun tuotanto pyörii normaalivauhtia ilman ongelmia. Erinäisistä syistä materiaalia kuitenkin jää viipymään pvt-varastoon suuria määriä, joka pidentää läpimenoaikaa ja huonontaa tehtaan tulosta. Kuvassa 2 on esitetty yksinkertaisesti materiaalivirran suunnat eri osastoille.



**Kuva 2. Materiaalivirta /3/**

Tavoitteena on tulevaisuudessa lyhentää läpimenoaikaa terässulatolta kylmävalssaamolle merkittävästi. Materiaalivirtaa voisi nopeuttaa nykyisestä lähinnä varastoaikoja lyhentämällä.

## 4. RETU- JA PIHA -TUOTANNONOHJAUSJÄRJESTELMÄT

Ptv-rullien rullanumerot ja muut tiedot on saatu Outokummun tietojärjestelmistä. Rullien elinkaarenaikaiset tapahtumat löytyvät RETU- ja PIHA järjestelmistä.

Näihin tietojärjestelmiin rullanumeron syöttämällä saa selville rullille tapahtuneet ja suunnitellut prosessit sekä huomautukset.

### 4.1. RETU

Kylmävalssaamon reaaliaikainen tuotannonohjausjärjestelmä (RETU) kattaa kylmävalssaamon materiaalinohjauksen kuumavalssatusta nauhasta lähetysvalmiiksi paketiksi. Järjestelmää käyttävät yksiköt ovat tuotannonsuunnittelu(TUSU), kylmävalssaamo (KYVA) ja laadunohjaus./3/

Järjestelmän avulla hallitaan linjojen etuvarastot, mikä mahdollistaa rullien poimimisen ajo-ohjelmille tietyillä reunaehdoilla linjaorganisaation toimesta. Linjojen palautetiedot sekä pintavirhetiedot talletetaan tosiaikaisesti. Järjestelmän avulla suoritetaan myös tuotannon seuranta. /3/

Järjestelmä saa lähtötietoina kuumanauhatiedot sulaton ja kuumavalssaamon QMATO-järjestelmältä tai joissakin tapauksissa MTS-järjestelmältä.

Seuraavassa järjestelmää on tarkasteltu erikseen kylmävalssaamon alkupään ja loppupään linjojen toimintojen osalta. Alkupään linjat ovat valmistelu-, hehkutus-peittaus- ja hiontalinjat sekä Sendzimir- ja viimeistelyvalssaimet. Loppupään linjat ovat halkaisu- ja katkaisulinjat, käsinlajittelu ja pakkaus./3/

## 4.2. PIHA

PIHA on kuumavalssaamon, hp4:n ja RAP5:n pinnantarkastusjärjestelmä. PIHA on paljon nykyaikaisempi ja yksinkertaisempi järjestelmä kuin RETU. PIHA on Windows-pohjainen, minkä ansiosta sen käyttäminen on helppoa oppia nykyaikaisten tietokoneiden peruskäytön omaaville henkilöille.

RETU on taas merkkipohjainen, jonka valikoissa liikutaan vain näppäimistöä käyttäen, PIHA:n valikoissa taas hiirtä käyttäen.

## 5. PINNANTARKASTUKSEN TUNNUSNUMEROT

Pinnantarkastamon työntekijöillä on pieni muistivihko tärkeimpiä tehtäviä varten, jotka löytyvät myös tietokoneelta. Alla on esitelty näistä muutamia kohtia.

### 5.1. Laatuluokat ja käyttötarkoituskoodit

Laatuluokka 1A:	Molemmin puolin hyvä pinta, käyttötarkoitus 160-169
Laatuluokka 1:	Toinen pinta hyvä, toiselle sallitaan lieviä pintavirheitä, käyttötarkoitus 170-273
Laatuluokka 2:	Tavallinen taso, käyttötarkoitus 274-295
Laatuluokka 3:	Vähemmän vaativat kohteet, käyttötarkoitus 360-382

/2/

#### **KT-koodi**

**160-169 KOTITALOUSTARVIKKEET**

**170-173 KOTITALOUSKONEET**

**180-181 PESUPÖYDÄT**

**190-194 VAATIVA MUU TEOLLISUUS**

**240 VAATIVA LAITERAKENNUS**

**250-256 ASIAKKAAN VIIMEISTELUUN MENEVÄT**

**260-269 ELINTARVIKETEOLLISUUS**

**270-277 RAKENNUSTEOLLISUUS**

**280-284 KULJETUSVÄLINETEOLLISUUS**

**290-296 MUU TEOLLISUUS**

**360-368 LAITEVALMISTUS**

**370-375 PUTKITEOLLISUUS**

**380-382 PROSESSITEOLLISUUS**

/2/

## **5.2. Virheet ja niiden aiheuttamat toimenpiteet**

Valmiissa rullissa ja levyissä on monesti useita virheitä. Nämä virheet on numeroitu tunnusnumeroilla sen mukaan, missä päin tuotantoprosessia ne ovat tulleet. Virheiden perusteella valmiita tuotteita voidaan jakaa laatuluokkiin, joiden perusteella teräs määrätään sopiviin käyttötarkoituksiin.

Teräksen pintavirheet ovat numeroitu sen mukaan, missä tuotantovaiheessa ne ovat syntyneet. Alla selitys virheiden numeroinnista.

Sulatto- ja valuvirheet: 100-107

Kuumavalssausvirheet: 140-180

Valmistelulinja: 200-208

HP-linja:	215-228
Hiontalinja:	230-237
Harjauslinja:	240-247
Sendzimir:	250-251
Viimeistelyvalssaus:	310-318
V0-linja:	280-289
Prosessivirheet:	319-326
Halkaisulinja:	340-349
Katkaisulinja:	360-373
PTV, varasto, lähetys:	420-425
RAP5:	500-589

/2/

Virhe 226 on ominaisuus joka merkitään mutta ei aiheuta toimenpiteitä. Allaolevan luettelon virheet voidaan hiomalla tai muulla kevyellä toimenpiteellä muokata priimarulliksi virheen voimakkaakuudesta riippuen.

1. 226 = Läiskät
2. 269 = Ruttu
3. 589 = Tasomaisuus, RAP
4. 521 = Hieno hilse HP
5. 221 = Hienoa hilsettä
6. 104 = Titaaninauhan kirjavuus
7. 105 = Juovikkuus
8. 253 = Karhea valssi
9. 157 = Karheus
10. 558 = Mittavirheet



Seuraavia virheitä liikaa sisältävät rullat ovat sellaisia, jotka on järkevin toimittaa heti romutukseen.

1. 102 = Kuorimaiset säröt
2. 107 = Pinta rikki
3. 222 = Naarmut
4. 223 = Happojuovat ja läiskät
5. 224 = Uuniseisauspaikka

## 6. PTV-MATERIAALI

Puolituotevarastoja on erilaisia materiaalin ominaisuuksien mukaan. Varastot on numeroitu työvaihenumeroin (esim. 221, 672). Otsikon 8 pohdinnoissa esiintyvät varastot ovat 220 kuumavalssatut priimarullat, ja 670 kylmävalssatut priimarullat. Opinnäytetyön jälkimmäisissä osissa myös muut ptv-varastot esiintyvät taulukoissa ja niiden perusteella on tehty päätelmiä. Ferriittisiä laatuja ei ole huomioitu missään vaiheessa. Ptv-työvaiheet 221 ja 671 ovat epäkurantteja, jotka ovat tästä syystä ptv:ssa ja niitä ei ole huomioitu otsikon 8.1 pohdinnoissa.

### 6.1. Syitä

Materiaalin joutuminen ptv-varastoon aiheutuu aina jostakin syystä, karkeasti sanottuna kaupallisista ja teknisistä syistä. Toisin sanoen materiaali ei virtaa suunnitellusti silloin kun ptv-varastoon viedään tavaraa.

Kaupallinen syy voi olla sellainen tilanne, että emorullasta meneekin tilaukseen vain osa rullasta. Loppupätkä voidaan viedä ptv-varastoon, jos sille ei ole käyttöä.

Teknisiä syitä ovat mm. erilaiset virheet nauhan pinnassa, jotka aiheuttavat sen ettei materiaali kelpaa tilaajan vaatimuksiin. Rulla saatetaan siirtää ptv-varastoon sellaisenaan. Kyseinen pelti voi silti olla täysin sopivaa tavaraa johonkin toiseen tilaukseen, jossa laatuluokka on matalampi.

Syitä suureen ptv-määrään ja pitkään ptv-aikaan ei lue suoraan RETU- ja PIHA-järjestelmissä. Mahdollisia syitä on kuitenkin päätelty mm. rullien pintavirhemerkinnöistä, sekä tarkistamalla onko olemassaolevaa ohjetta ptv:oon leikkaamisesta noudatettu. Ptv-rullien ikää ei myös näe suoraan mistään tuotannonohjausjärjestelmästä. Rullan syntyaika

näkyvyyden, josta voi päätellä rullan iän. Opinnäytetyön rullat ovat taulukoitu käyttötarkoituskoodien, toimitustilojen ja laatuojen perusteella.

## 6.2. Ptv-rullat kesinä 2010 ja 2009

Ptv:oon leikkaamisesta oli ennen tämän opinnäytetyön aloittamista olemassa ohjeistus, joka on edelleen käytössä(LIITE1). Siinä sanotaan mm, että kaikki standardituotteet ohjataan myyntivarastoon. Ptv:ssa kuitenkin on runsaasti näitä rullia. Standardituotteita ovat teräslaadut 720, 725, 731, 750, 757, joihin sisältyvät dimensiot(LIITE2).

Heinäkuun 2010 ptv-listassa työvaiheessa 220 on 41 rullaa. Rullista kaikki paitsi 7 rullaa ovat standardituotteita. Työvaiheessa 670 on 77 rullaa ja 37 niistä on standardituotteita.

Ptv:ssa on siis ainakin varmasti työvaiheissa 220 ja 670 suuria määriä sellaisia rullia, jotka olisi voitu ohjata myyntivarastoon. Osassa rullissa voi kuitenkin olla jokin erityinen syy, miksi ne ovat ptv:ssa. Epäkurantti- ja sekundavarastoissa rullat ovat laadullisista syistä.

Työvaiheessa 670 oli seitsemän rullaa, joissa paksuudet eivät ole toleransseissa. 220-työvaiheessa kaikki rullat ovat toleransseissa. Toleranssien perusteella ei siis voi perustella standardituotteiden suurta määrää ptv:ssä.

Tähän opinnäytetyöhön on kerätty aineistoa ptv-rullista myös vuoden 2009 keväältä. Siellä tulokset ovat samanlaiset eli standardituotteita on erittäin paljon ptv:ssa.

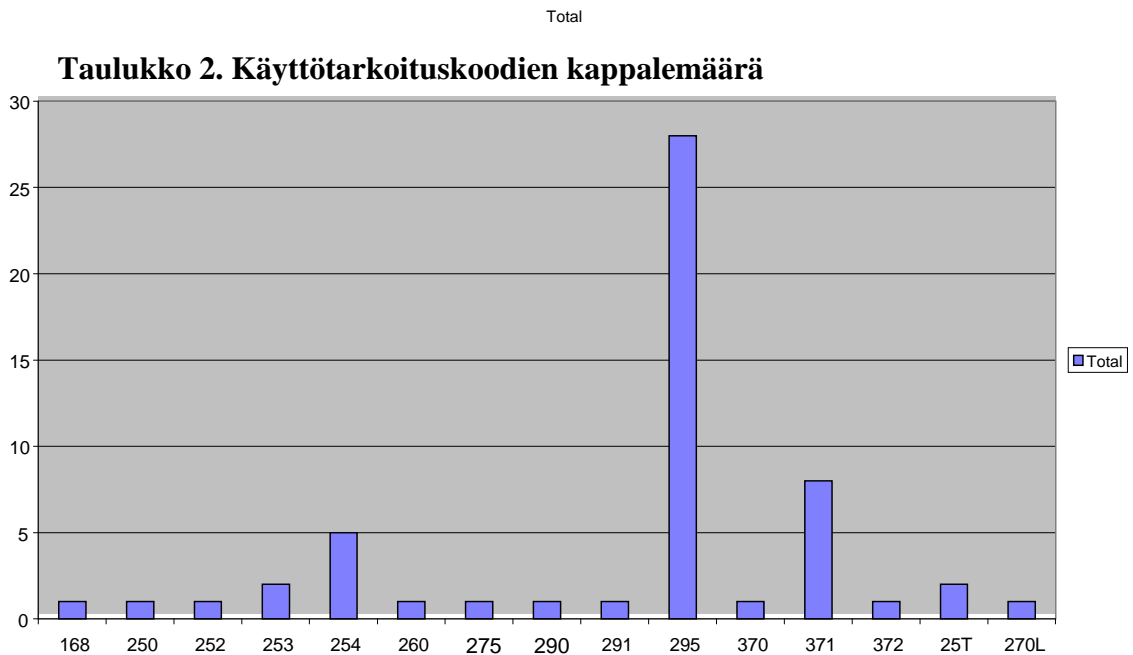
## 7. RULLAT AJAN KESKIARVOJEN JA KILOMÄÄRIEN SUHTEEN

Allaolevassa listassa ovat tämän opinnäytetyön materiaalin ne ptv-rullat, joista on selvitetty ptv-ajat. Aikoja ei lukenut missään suoraan, vaan ne pitivät pääättelemällä laskea RETU:sta, joka on erittäin aikaavievää työtä. Rullat ovat otanta kesän 2010 aikaisista ptv-varastoista. Otannassa on 87 rullaa, joten työn tuloksien virhemarginaalit pitäisi olla pienet.

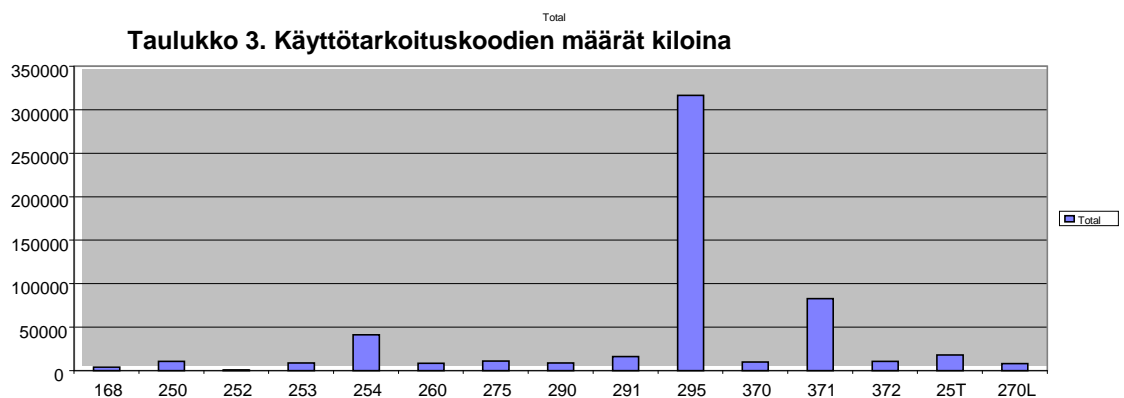
**Taulukko 1. Ptv-rullat 2010(työvaiheet 220, 221, 670, 671, 672, 678, 681, 684, 691)**

	<b>vrk</b>		<b>vrk</b>		<b>vrk</b>		<b>vrk</b>
1	2000	23	150	45	90	67	45
2	1650	24	140	46	90	68	45
3	1050	25	140	47	80	69	45
4	570	26	132	48	80	70	45
5	270	27	130	49	80	71	45
6	257	28	130	50	75	72	40
7	250	29	123	51	75	73	37
8	240	30	122	52	70	74	35
9	240	31	120	53	70	75	35
10	240	32	120	54	65	76	30
11	210	33	120	55	60	77	30
12	210	34	120	56	60	78	30
13	185	35	120	57	60	79	30
14	185	36	120	58	60	80	30
15	180	37	110	59	60	81	27
16	175	38	105	60	55	82	26
17	173	39	105	61	55	83	25
18	172	40	105	62	55	84	23
19	170	41	105	63	50	85	22
20	150	42	105	64	50	86	20
21	150	43	95	65	50	87	15
22	150	44	95	66	50	<b>average</b>	156

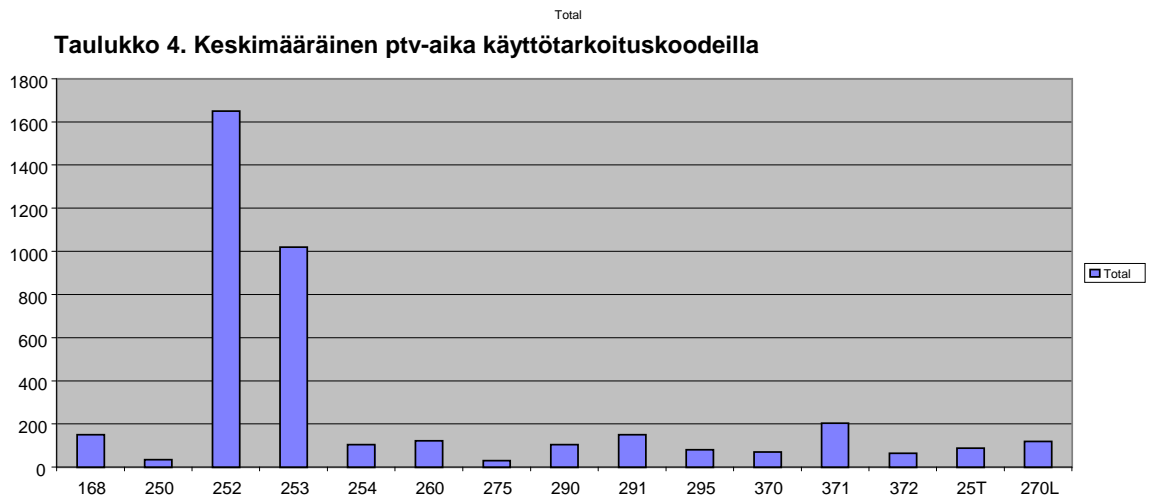
## 7.1. Käyttötarkoituskoodit rullien lukumäärien, rullien painojen ja rullien ptv-ajan suhteen



Taulukoista 2 ja 3 nähdään, että käyttötarkoituskoodia 295 on ylivoimaisesti suurin osa kappale- ja kilomäärissä.



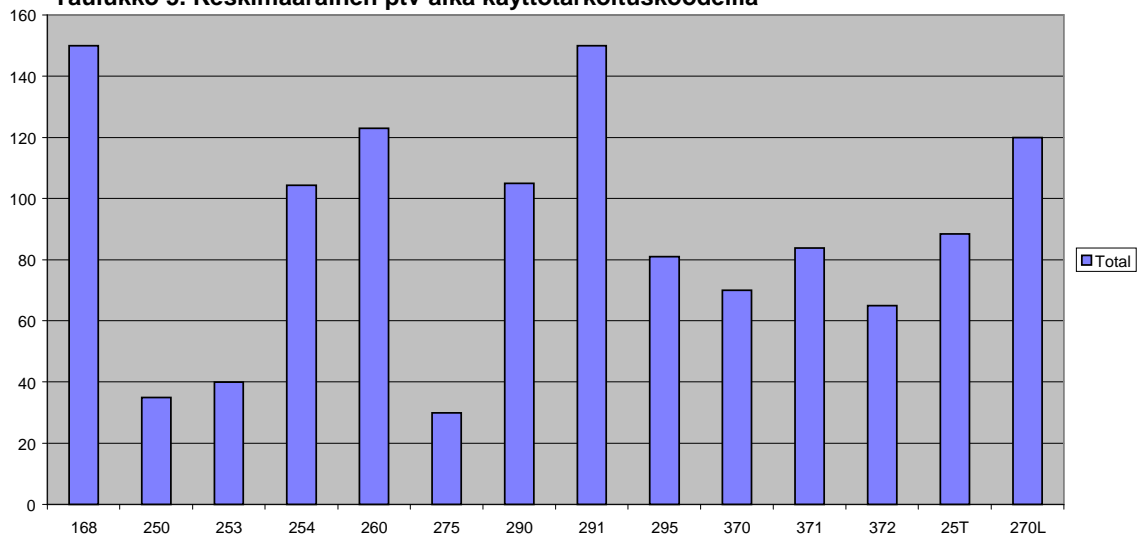
Taulukot 2 ja 3 näyttävät hyvin samanlaisilta, joten päätelmiä voidaan tehdä kumman taulukon perusteella tahansa.



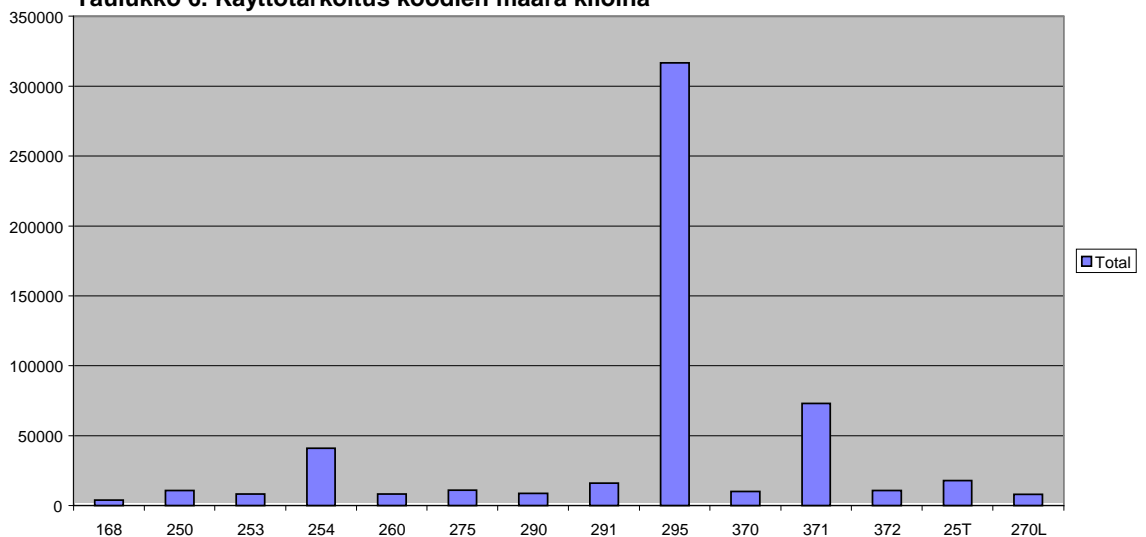
Käyttötarkoituskoodia (kt) 252 löytyy vain yksi rulla, ja koodia 253 kaksi rullaa joista toinen ollut ptv:ssä 2000 vrk, joten näitä koodeja ei oteta huomioon lopullisissa tuloksissa. Käyttötarkoituskoodia on rullamääräisesti ja kilomääräisesti ylivoimaisesti eniten koodia 295.

Allaolevista taulukoista on poistettu neljä poikkeuksellisen pitkään ptv:ssä ollutta rullaa, jotta saadaan totuudenmukaisemmin selvitettyä rullien keskimääräinen ptv-aika käyttötarkoituskoodien mukaan.

Total

**Taulukko 5. Keskimääräinen ptv-aika käyttötarkoituskoodilla**

Total

**Taulukko 6. Käyttötarkoituskoodien määrä kiloina**

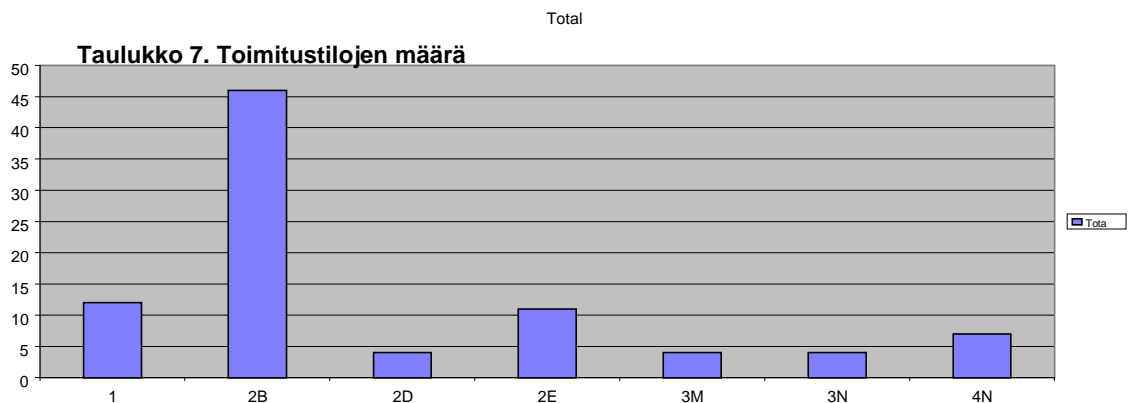
Käyttötarkoituskoodia 295 on yli 300 tonnia, ja muita koodeja on vain korkeintaan kymmeniä tonneja. KT-295 läpimenoaika ptv-varastossa on joukon keskitasoa. Koska muita koodeja on vain muutamia, ei voida luotettavasti päätellä syitä ptv-varaston hitaaseen läpimenoaikaan käyttötarkoituskoodien perusteella.

Ptv-materiaalin määrän suhteen voidaan päätellä syitä suureen varastomäärään. Ptv:ssä on eniten käyttötarkoituskoodia 295. Mahdollisia syitä suureen varastoon käyttötarkoituskoodien suhteen voivat olla pintavirheet, joista yleisimmin esiintyneet virheet ovat 157, 102, 107, 226

## 7.2. Toimitustilat rullien lukumäärien, rullien painojen ja rullien ptv-ajansuhteen

Eniten rullia on toimitustilalla 2B.

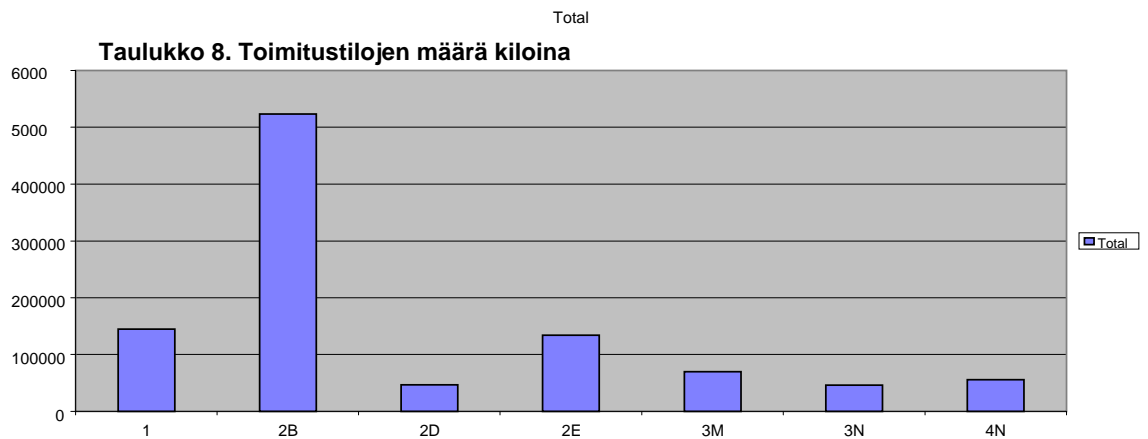
2B-rullissa esiintyy eniten seuraavia pintavirheitä. 259, 107, 102, 256, 157



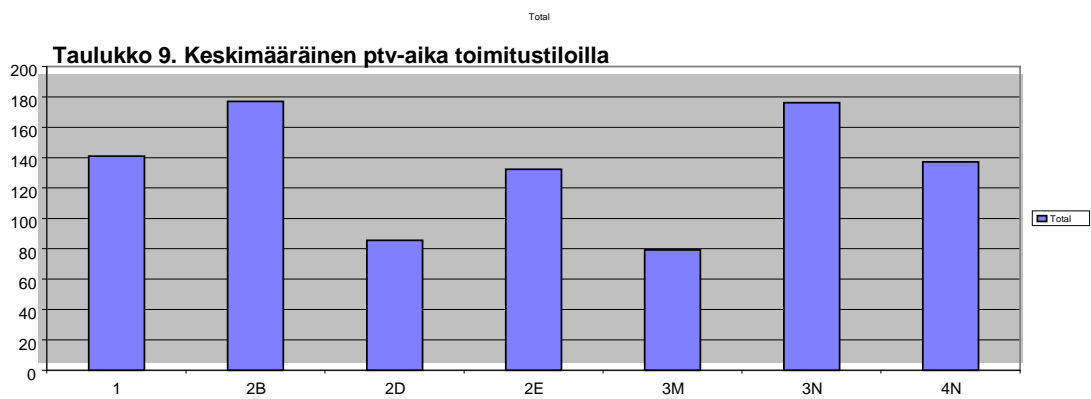
Eniten rullia on toimitustilalla 2B.

2B-rullissa esiintyy eniten seuraavia pintavirheitä. 259, 107, 102, 256, 157





Taulukko 8 on hyvin samanlainen kuin taulukko 7. Kuvaajasta nähdään selkeästi laadun 2B suuri määrä.



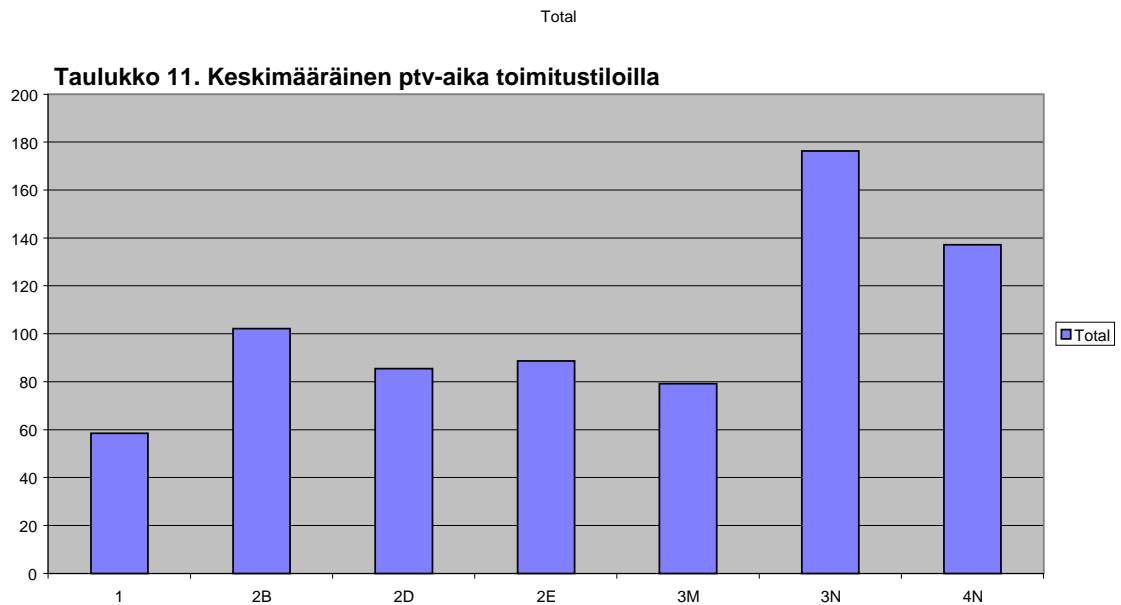
Pisinpään ptv:ssä viipyvät toimitustilat ovat 2B, 3N, 1, 4N

**Taulukko 10. Toimitustilojen jakauma kaikesta tilauksesta vuonna 2010**

Row Labels	Sum of ord. kg
2B	59,64 %
1	16,17 %
2E	10,23 %
A	4,86 %
4N	3,01 %
(blank)	2,82 %
2D	0,71 %
1E	0,68 %
TR	0,54 %
DB	0,51 %
3N	0,44 %
BB	0,31 %
3M	0,05 %
BA	0,02 %
4M	0,01 %
4H	0,00 %
1H	0,00 %

/4/

Seuraavasta taulukosta on poistettu neljä ylivoimaisesti pisimpään ptv:ssä ollutta rullaa, jotta saadaan todennukaisemmin hahmoteltua keskimääräinen ptv-varastointiaika toimitustilojen suhteen. Kyseiset neljä rullaa ovat iältään 570 – 2000 vrk. Kappale- ja tonnimääriin ko rullilla ei ole merkitystä.



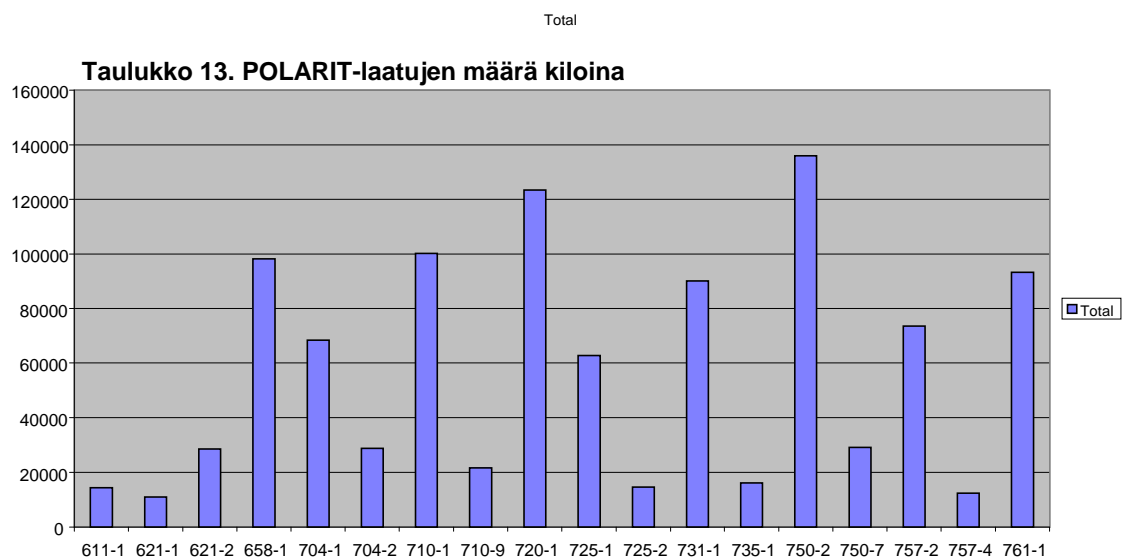
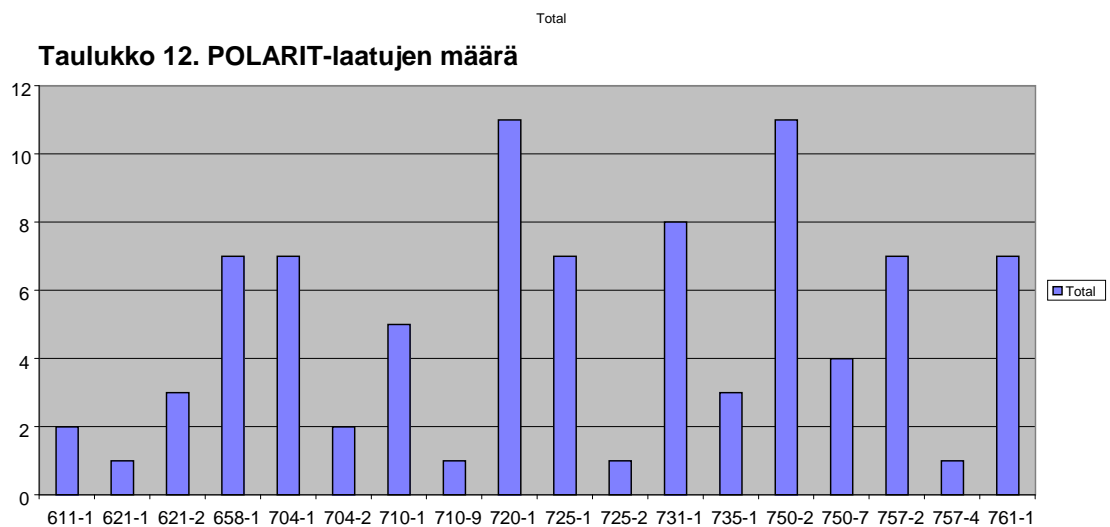
Toimitustilassa 2B olevia rullia on moninkertainen määrä muihin toimitustiloihin verrattuna, ja sen virheet on esitelty ylempänä. 2B-rullat viipyvät ptv:ssä kuitenkin vain keskipitkään. 3N ja 4N tilat viipyvät pisimpään ptv:ssä, mutta tämän työn rullaotannassa näitä toimitustiloja on vain 4-6 molempia. Tästä johtuen kyseisten toimitustilojen rullista löytyviä pintavirhemerkintöjä on syytä tarkastella varauksella suuren virhemarginaalin mahdollisuuden takia.

3N-rullissa oli eniten virheitä 107, 226, 259

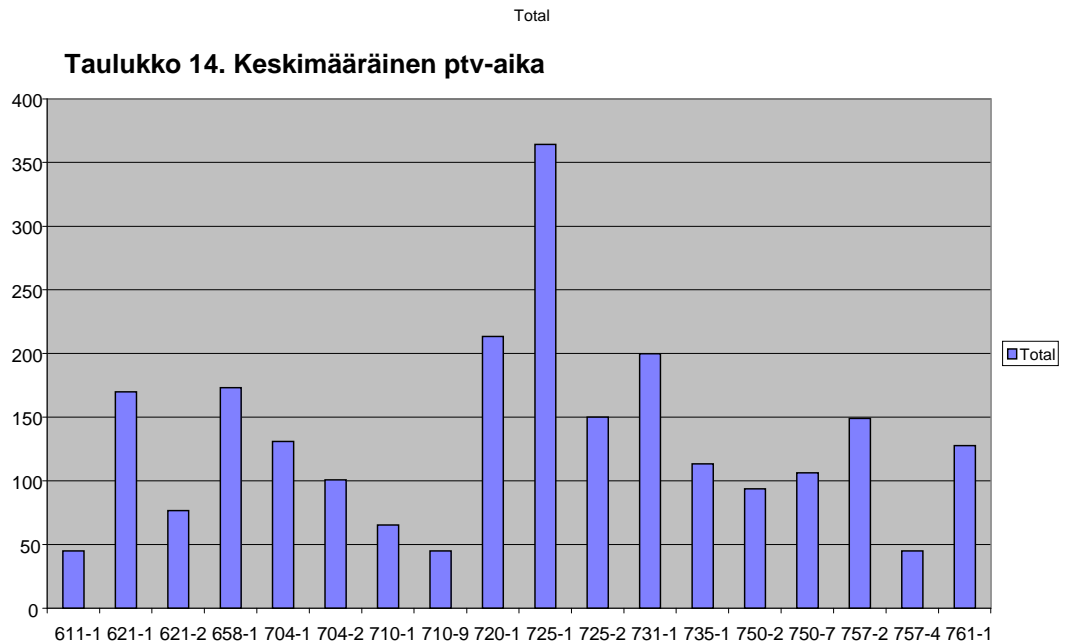
4N-rullissa oli eniten virheitä 107( lähes joka rullassa) 226, 269, 256

### 7.3. Teräslaadut rullien lukumäärien, rullien painojen ja ptv-ajan suhteen

Polarit-laatuja on paljon, ja eniten niistä on 720-1 ja 750-2 laatuja.



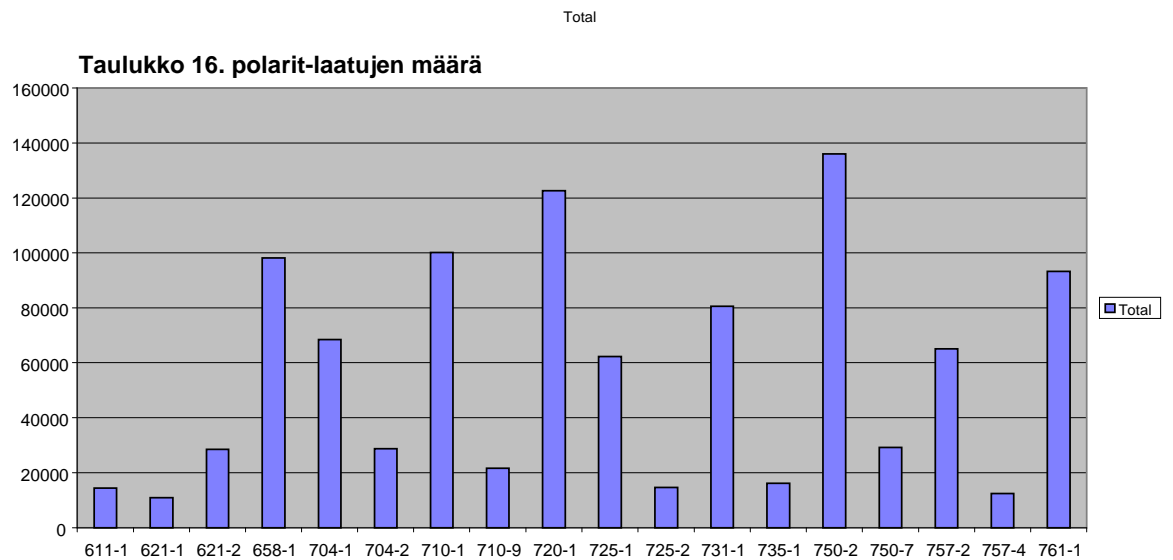
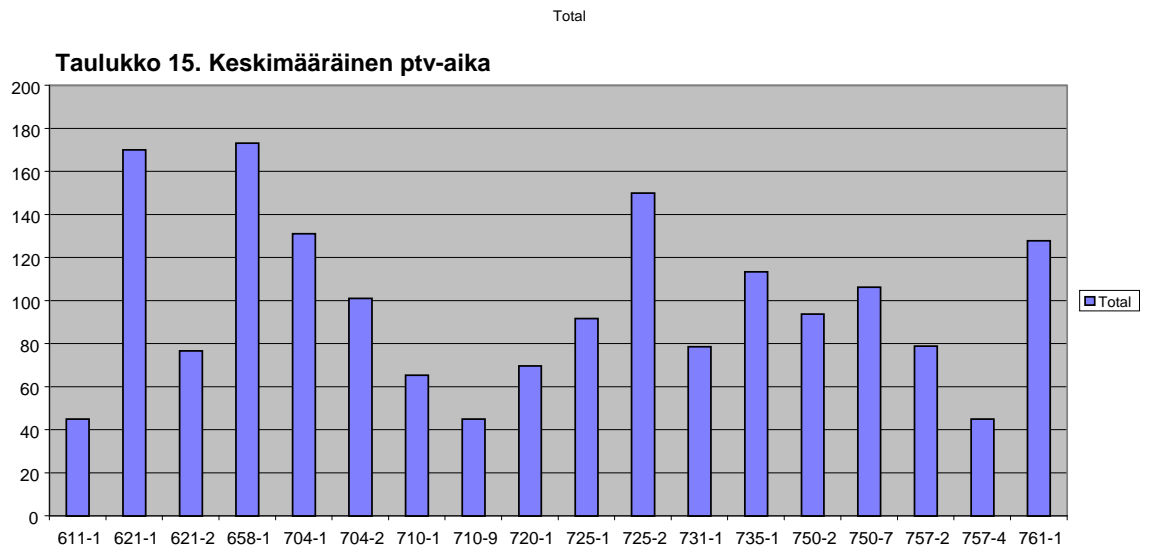
Molemmat kuvaajat jakautuvat lähes samalla lailla, joten päätelmiä voi tehdä kumman taulukon perusteella hyvänsä. Taulukosta erottuu lähinnä selkeimmit ne laadut, joita on vähiten.



Kolmesta pisimpään ptv:ssä viipyvistä laaduista (725-1, 720-1, 725-1) löytyi seuraavanlaisia virheitä, jotka erottuivat virhetaulukosta, ja joihin paneudutaan seuraavassa:

- **725-1:** lähes joka rullasta löytyy virheitä 107, 157 ja monista 257, 259, -virheitä
- **720-1:** lähes joka rullasta löytyy virhettä 107, ja monista 157, 220, 256, 259 -virheitä
- **731-1:** lähes joka rullasta löytyy virhettä 589, sekä monista 104, 157 -virheitä

Seuraavista taulukoista on poistettu neljä poikkeuksellisen pitkään ptv:ssa ollutta rullaa todennukaisemman ptv-ajan määrittämiseksi polarit-laatuojen suhteen.



Tilanne muuttuu ratkaisevasti kun tilastoista poistetaan aikaisemmin mainitut neljä vuosikautia ptv:ssä ollutta rullaa. Alkuperäisestä taulukosta nähdään että 725-1 -laatu viipyi ptv:ssä ylivoimaisesti pisimpään, mutta päivitetystä taulukossa kyseinen laatu on keskipitkään ptv:ssä viipyvää laatua.

Taulukosta havaitaan että pisimpään ptv:ssä viipyvät seuraavat laadut 658-1, 621-1, 725-2. Laatuja 658-1 ja 761-1 on paljon ja ne ovat ptv:ssa pitkään. Laadun 761-1 tilanne on vuotta aikaisemmin ollut samanlainen.

Teräslaadut 621-1 ja 725-2 jäävät huomioimatta, koska niitä löytyy opinnäytetyön rullaotannasta vain yhteensä 4 rullaa, joten kyseisten laatuojen pintavirhemerkinnöistä ei voi muodostaa realistisia päätelmiä ptv-ajan suhteen.

Teräslaadun 658-1 yleisimmät virheet ovat **259** ja **107**.

#### Taulukko 17. Laatuojen jakauma kaikesta tilauksesta vuonna 2010

Row Labels	
720-1	44,24
725-1	16,17
750-2	15,79
761-1	2,83
750-7	2,57
810-1	2,35
731-1	2,03
850-1	1,70
725-8	1,68
812-1	1,54
710-1	1,40
710-2	0,92
757-2	0,84
750-3	0,83
704-2	0,62
750-4	0,54
704-1	0,49
725-2	0,48
735-1	0,46
710-3	0,41
711-1	0,37
816-1	0,26
757-4	0,23
611-1	0,20
720-4	0,19
725-5	0,15
853-1	0,13
810-2	0,09
750-1	0,08
720-6	0,07
658-1	0,07
750-9	0,05
710-6	0,05
710-9	0,05
710-5	0,04
720-9	0,03
720-2	0,01
621-1	0,01
658-2	0,01
750-6	0,01
850-9	0,00
810-9	0,00
720	0,00
725-9	0,00
812-9	0,00
Grand Total	

## 8. OHJEISTUS

Tämän opinnäytetyön tietojenkeruun perusteella on tehty ohjeistus ptv-rullien varastoinnista. Outokummulla on ennestään ohjeistus ptv:oon ja myyntivarastoon leikkaamisesta, ja sitä on käytetty pohjana uudelle ohjeistusehdotukselle. Outokummun ohjeissa pisimmäksi sallituksi ptv-ajaksi on määritetty 270 vuorokautta. Ptv-materiaali on pysynyt tämä ohjeistuksen rajoissa. Uuden ohjeistuksen ehdotuksessa aika on vähennetty 90 vuorokauteen, joka määriteltiin heti alkuvaiheessa opinnäytetyön määrittämisen yhteydessä. Uusi ehdotus ohjeistuksesta on selkeämpi ja osin taulukkotyyppinen ratkaisu joka löytyy otsikon 10.4 alta. Otsikoiden 10.1, 10.2 ja 103 alla on johtopäätöksiä ja mietintöjä otsikon 9 taulukoista sekä pinnantarkastamosta saadut tiedot pintavirheistä.

### **Taulukko 18. Ohjeistuksen perusteella tehtävät toimenpiteet prosessilinjoilla**

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Varastoitava materiaali</b></li><li><b>2. Teräs uudelleen käsittelyyn</b></li><li><b>3. Teräs uudelleen sulatettavaksi</b></li></ol> |
|--|

Varastoitava materiaali -toimenpide tarkoittaa sitä, että ptv:oon viedään sellainen materiaali, joka on yleisimpiä Outokummulta tilattavia laatuja, ja kyseisen materiaalin ei oleteta jäävän ptv:oon yli 90 päiväksi.

Teräs uudelleen käsittelyyn -toimenpiteessä jossain prosessilinjalla havaitaan, että jokin rulla ei kelpaa tilaukseen, mutta kevyellä korjaustoimenpiteellä on mahdollisuus korjata se kelpaamaan tilaajan vaatimukseen. Tämä kevyt korjaustoimenpide suoritetaan mahdollisimman nopeasti, ettei ptv:a kerrytettäisi

Teräs uudelleen sulatettavaksi -toimenpiteellä tarkoitetaan sitä, että nauha on vaurioitunut niin pahoin, ettei sen korjaaminen ole mahdollista, tai rulla ei muusta syystä kelpaa tilaukseen, joten rulla viedään sulatolle heti.



Ohjeistuksen laatimisessa on käytetty mm. opinnäytetyön aikaisemmassa vaiheessa olleita analysointija toimitustilojen, käyttötarkoituskoodien ja polarit-laatujen osalta.

## **8.1. Varastoitava materiaali**

Materiaalia kannattaa varastoida ainoastaan siinä tapauksessa, jos on odotettavissa, että sen varastointiaika ei ole yli 90 vrk. Harvinaisemmat kalliit laadut voisivat olla pitempäänkin varastoituna. Korkokustannusten takia olisi pyrittävä lyhyempään varastointiaikaan ja yleensäkin varastojen pienentämiseen. Kokonaan ei puolituotevarastoja saada poistettua, mutta pienikin prosentuaalinen vähennys on tärkeää. Alla on yhteenveto toimitustilojen ja teräslaatuja perusteella tehtävistä varastoinneista.

### **Toimitustilat**

Toimitustilat 1, 2B, 2D, 2E, 3M varastoidaan, koska ne ovat ptv:ssä keskimäärin korkeintaan 90 vrk.

### **Teräslaadut**

Teräslaatuja 757-2, 710-1, 720-1, 731-1, 725-1 varastoidaan, koska ne ovat ptv:ssä korkeintaan 90 vrk.

## 8.2. Teräs uudelleen käsittelyyn

Virhe 226 ei aiheuta toimenpiteitä. Se on ominaisuus, joka merkitään mutta ei aiheuta toimenpiteitä. Allaolevan luettelon virheet voidaan hiomalla tai muulla kevyellä toimenpiteellä muokata priimarulliksi virheen voimakkaakuudesta riippuen. Kyseiset tiedot ovat pinnantarkastuksesta saatuja. /2/

226

269

589

521

221

104,105

253

157

558

/1/

## 8.3. Uudelleen sulatettavaksi

On olemassa syitä, miksi rullasta on vaikeaa saada tilaukseen kelpaava rulla, ja se saatetaan viedä puolituotevarastoon, kun ei tiedetä mitä sille tehdään. Jotkut syyt ovat niin vaikeita korjata, että tällaisia rullia ei pitäisi varastoida ptv:hen, vaan kannattaisi viedään ne heti sulatettavaksi.

Materiaali ohjataan heti sulatettavaksi, jos ptv:hen on tulossa rulla, josta löytyy jokin alapuolella luetelluista ominaisuuksista.

## **Virheet**

Seuraavia pintavirheitä sisältävät rullat sulatetaan pinnantarkastamosta saatujen tietojen perusteella:

102

107

222

223

224

/1/

## **Toimitustilat**

Toimitustilassa 3N oleva materiaali viipyy ptv:ssä noin 180 vrk. Kyseistä toimituslaatua löytyy vain muutama rulla. Toimitustila 4N viipyy ptv:ssä noin 140 vrk ja näitä rullia on myös vähän.

3N ja 4N -toimitustilat viedään sulatettavaksi, koska ne ovat ptv:ssä merkittävästi pitempään kuin 90 vrk.

## **Teräslaadut**

Teräslaadut 658-1, 761-1, 704-1 viedään heti sulatettavaksi, koska ne selkeästi viipyvät ptv:ssä reilusti yli 90 vrk ja niitä on siellä suuria määriä.

## 8.4. Lopputulos

Alla olevassa taulukossa on yhteenveto myyntivarastoon leikkamisen ohjeesta. Taulukko perustuu vanhaan ohjeeseen ja siihen on lisätty opinnäytetyön analysointien perusteella lisäohjeita.

**Taulukko 19. Myyntivarastoon leikkaamisen ohje**

		Myynti- varastoon	Puolituote- varastoon	Katkaisu- linjalle menevä rulla romuksi jos	Halkaisulin- jalle menevä rulla romuksi jos	Romutukseen
1	Std-tuotteet	Kaikki	-	< 900 kg	< 2 t	
2	Ei std-tuotteet, 70x, 8xx	< 8 t	> 8 t	< 900 kg	< 2 t	
3	6xx	< 4 t levyinä	> 4 t	< 900 kg	< 2 t	
4	Hiotut ja harjatut		Kaikki	< 900 kg	< 2 t	
5	Epäkurantit		Kaikki	< 900 kg	< 2 t	
6	Erikoislaadut		Kaikki	< 900 kg	< 2 t	
7	Pintavirheet					102, 107, 222, 223, 224

Laadut 658 ja 761 ovat opinnäytetyön ptv-aineistossa olleet pitkään ptv:ssa viipyvää laatua ja näitä laatuja on myös suuria määriä. Tästä johtuen täytyy kiinnittää huomiota näiden laatuja varastointiin tai ohjata ne suoraan sulatolle ptv:n sijaan.

Ei standardituotteet, sekä 70x, 8xx ja 6xx laatuja tilanne varastoinnin osalta on muuttunut, joten ne määritellään myöhemmin uudelleen ohjeistukseen. /4/

Rullien leikkaamisesta varastoihin on olemassa ohje, jonka mukaan materiaali ei saa viipyä yli 270 päivää ptv:ssa. Rullat kuitenkin harvoin ovat siellä niin kauan. Uuteen ohjeistukseen on määritetty rullille pisimmäksi ptv-ajaksi 90 päivää, niin kuin alun perin opinnäytetyön

määrittämisen yhteydessä oli tarkoitus. Näin saadaan merkittävästi vähennettyä rullien määrää . Alla on ehdotuksia toimenpiteistä.

- RETU:un merkitään aina prosessilinjoilla syy, miksi rulla laitettiin ptv:oon, jotta voidaan päättää mitä toimenpiteitä nauhalle tulevaisuudessa on mahdollista tehdä.
- Jollekin taholle annetaan vastuu ptv:sta.
- Jos rulla pitäisi laittaa ptv:oon pintavirheiden tai muun vaurion takia, katsotaan heti kelpaisiko rulla johonkin alemman käyttötarkoituskoodin tilaukselle, jolloin ei tarvitsisi tilata uutta materiaalia ja saadaan nauha nopeasti tilaajalle.
- Radikaalein ehdotus on se, että kaikki ptv:oon tyrkyllä olevat rullat, joista ei hiomalla tai muulla kevyellä toimenpiteellä tule niille tarkoitettuun tilaukseen kelpaavaa nauhaa, ohjataan samantien sulatolle.
- Kaupalliselle osastolle annetaan tiedoksi kaikki ptv-työvaiheet, jotta kaikkea ptv-materiaalia voisi myydä.
- Hankitaan uusi erillinen ohjelmisto ptv-varastoille, josta nähdään ptv-rullien varastossaoloaika, jonka avulla pystytään seuraamaan ptv-aikoja ja voidaan laittaa rullat eteenpäin.

## 9. UUDELLA OHJEISTUKSELLA SAAVUTETTAVA SÄÄSTÖ

Ptv-materiaalin varastoinnista koituu tappiota, jota voisi helposti vähentää. Ptv:oon ei pitäisi ottaa materiaalia, jotka kannattaisi heti romuttaa. Tällöin säästyy varastoinnista syntyvät kustannukset ja romumetallia ostamista tarvitaan vähemmän ulkopuolisilta toimittajilta.

Opinnäytetyössä olevasta yli 90 vrk varastossa olleesta ptv-materialista 56 % on sellaista materiaalia, joissa on niin suuria virheitä, että ne kannattaisi romuttaa heti. Kyseistä materiaalia on 700 tonnia. Toukokuun alussa 2010 oli kaikkea ptv-materiaalia 3700 tonnia, joista 1700 tonnista löytyi pintavirhetiedot. Näistä 1000 tonnia olisi ollut heti romutettavaa materiaalia eli 59 %. Tästä voidaan päätellä, että yleensä ptv:ssa heti romutettavien rullien määrä on hieman alle 60 %.

Raaka-aineen, eli romumetallin arvo on 1600 €/tn /5/. Varastomateriaalin arvo on 2350 €/tn, jonka lisäksi vuosikorko on 8 % /5/. Toukokuun 2010 heti romutettavan materiaalin korkokustannus 8%:n korolla vuodessa olisi ollut  $((2350 \text{ €/tn} * 1000 \text{ tn}) * 8) / 100 = 188000 \text{ €}$ . Opinnäytetyön tutkimusten mukaan keskimäärin ptv-materiaali on varastossa noin puoli vuotta, jolloin säästöä keskimäärin tulisi tuhannesta tonnista  $188000 \text{ €} / 2 = 94000 \text{ €}$ . Kokonaisläpimenoaika (inventory days) oli vuonna 2010 90 päivää, jos romutus olisi tehty heti, säästö olisi 90 päivää eli  $94000 \text{ €} * 2 = 47000 \text{ €} / \text{vuosi}$ .

Vastaavasti jos raaka-aine hankinnassa olisi käytetty 90 päivän aikana  $1000 \text{ t} * 1600 \text{ €/t}$  vähemmän rahaa, näin säästö olisi 8 %:in korolla  $90 / 360 * 0.08 * 1600000 \text{ €} = 32000 \text{ €} / \text{vuosi}$ .

Yhteissäästö on  $47000 \text{ €} + 32000 \text{ €} = 79000 \text{ €}$  vuodessa.

## 10. YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ja kehitettiin Outokumpu Oy:n varastointia. Varastoja on valmiille lopputuotteille ja puolituotevarastomateriaalille. Tässä opinnäytetyössä paneuduttiin jälkimmäiseen. Varastojen pienentäminen ja varastoaikojen lyhentäminen on tärkeää, koska varastoituun materiaaliin sitoutuu kustannuksia, joita työssä yritettiin vähentää. Kustannukset johtuvat pääomaan sitoutuneesta vuosikorosta.

Opinnäytetyössä ongelmana oli tiedon vaikea saanti. Ptv-aikoja ja syitä ptv-rullien olemassaoloon ei lukenut missään suoraan, vaan ne pitivät etsiä Outokummun tietojärjestelmistä päätelemällä, ja tämä oli suunnattoman aikaa vievää työtä. Ptv:sta ei ole kovin paljoa tietoa olemassa, eikä se myös ole kenenkään vastuulla, joten harvat ihmiset osasivat auttaa tiedonhaussa. Tästä johtuen tämän työn tekemiselle oli siis suuri tarve.

Työssä löydettiin kuitenkin syitä suureen ptv-materiaaliin päätelemällä ja analysoimalla rullia monien ominaisuuksien suhteen. Työn perusteella tehdyn ohjeistuksen avulla yhtiölle saadaan säästöjä ptv-materiaalin vähenemisen takia. Tulevaisuudessa Outokummun projektiryhmät voivat helposti etsiä tietoa, sitten kun puolituotevarastoja halutaan vähentää, tai halutaan tehdä jatkotutkimuksia aiheeseen liittyen.

## 11. LÄHDELUETTELO

/1/Kaakkuriniemi, Raimo, Vanhemman asiakaslaativastaavan haastattelu, Outokumpu Oy, Tornio, 27.07.2010

/2/Outokummun pinnantarkastajan muistivihko, 2010

/3/Outokumpu Works, [Sisäinen intranet www-dokumentti], 29.05.2009

/4/ Sankila, Hannu, Tilaus- toimitusketjun kehittämispäällikön haastattelu, Outokumpu Oy, Tornio, 12.11.2010



## **12. LIITELUETTELO**

LIITE 1	Myyntivarastoon leikkaamisen ohje
LIITE 2	Standardidimensiot

## LIITE 1

V Tus 015 Myyntivarastoon leikkaus Tornio

Myyntivarastoon leikkaus/puolituotevarastoon palautus TORNIO

### 1. Yleistä

Puolituotevarastoon kertyy leikkauslinjoilta palautuvia osarullia rullan vajaatäyttöisyyden johdosta. Lisäksi sinne tulee rullia aikaisemmista prosessivaiheista, jos rullan pinnanlaatu ei ole täyttänyt tilauksen vaatimuksia ja rullalle sopivia tilauksia ei lähiviikoille ole.

Rullat ohjataan puolituotevarastoihin pinnanlaadun, standardi/ei-standardi mitat ja toimitustilan perusteella. Tuotannosuunnittelu voi poiketa jäljempänä olevista ohjausperiaatteista harkinnan mukaan esim. jotkut epäkurantit mitat ovat toistuvia, jolloin on perusteltua jättää materiaalia puolituotevarastoon. Ohjeen lopussa on luettelo Torniossa olevista puolituotevarastoista.

### 2. Ohjausperiaatteet leikkausohjelmoinnin yhteydessä

#### 2.1 Yleistä

Seuraavassa on yleisohje päätettäessä leikataanko myyntivarastoon vai ohjataanko loppurulla puolituotevarastoon. Ohje ei kata kaikkia tapauksia vaan pyrkii antamaan suuntaviivat. Ohjeen lisäksi on käytettävä kokemuksen tuomaa tietoa. Yleisperiaatteena on, että kaikki alle kahdeksan tonnin rullan loput leikataan myyntivarastoon.

Standardituotteet sekä leimattavat paksuudet ja toleranssit ovat ohjeella L Mar 031 Myyntivarastoon leimaus linkki: (Document link: OSTo Quality Handbook)

Myyntivarastoon leikattavat valmistuslaadut ovat: 720, 725, 731, 750, 757, 761

Pakettikoko nauhoilla 2 - 8 t sisähalkaisija 508/610 mm.  
Suunnitellaan mahdollisimman suuria pakettikokoja.

Pakettikoko levyillä 1 t ( millimitat ) ja 2 t ( tuumam

itat ).

Standardimittojen levyn pituus on kaksi kertaa levyn leveys.

Huom. Jos katkaisulinjalle menevällä rullalla oleva vapaa määrä on alle 900 kg, niin ohjelmoidaan loppumäärä romuksi.

Halkaisulinjoilta alle 2 tonnin määrät romutetaan.

Standardimittojen levyn pituus on kaksi kertaa levyn leveys.

## 2.2 Jos rullalla olevan vapaan määrä on alle 8 t

Myyntivarastoon leikataan ensisijaisesti kunkin valmistusleveyden levyisenä kaistana.

Leikkausohjelmien suunnittelussa on otettava huomioon 4-8 t painoisten rullien ohjelmointi Solbiatelle.

Linkissä tarkemmat ohjeet:

(See attached file: Coils in process min weight.xls)

Reunanauhat ohjelmoidaan myös leikattavaksi raakareunaisina myyntivarastoon.

Jos määrä on 900-2000 kg ja kyse on standardituotteesta ohjelmoidaan rullan loppuun levysijoitus.

Alle 900 kg jäävät määrät ohjelmoidaan romuksi.

## 2.3. Jos rullalla olevan vapaan määrä on yli 8 t

Standardituotteet leikataan myyntivarastoon, nauhana jos mahdollista.

Ei-std tuotteet sekä laadut 70x ja 8xx ohjataan puolituotevarastoon.

· Huom! Uudelleenvalssausmahdollisuus jos paksuus > 0,7 mm tai paino > 10 t

## 2.4 Erikoislaadut

Erikoislaatuja 710, 711, 735 ja 747 ei leikata myyntivarastoon

Laadut 6xx leikataan myyntivarastoon katkaisulinjoilta levyinä, jos rullalla olevan vapaan määrä

on alle 4 t. Jos vapaan määrä on yli 4 t, ohjataan rulla puolituotevarastoon.

## 2.5 Myös seuraavat tuotteet ohjataan puolituotevarastoon:

Hiotut ja harjatut tuotteet

Epäkurantti leveys ja -epäkuranttipaksuus

Epäkurantti leveys ja standardipaksuus

• Jos leveys on alle 1000 mm

• Jos leveys on yli 1000 mm, ohjataan puolituotevarastoon  
tai leikataan standardileveytenä myyntivarastoon

Standardileveys ja epäkuranttipaksuus

Taulukko 1. Yhteenveto

		Myyntivarastoon		PTV:oon	
Std-tuotteet	Kaikki				
Ei-std tuotteet, Lajit		< 8 t		> 8 t	
70x ja 8xx					

Puolituotevarastot(PTV) OSTo:ssa

Työvaihe	Selite
200	Ferriittisten PTV
220	Kuumavalssatut(1 ja 2E), standardi, priima
221	Kuumavalssatut(1 ja 2E), ei standardi, priima
670	Kylmävalssatut, standardi, priima
671	Kylmävalssatut, ei standardi, priima
672	Kylmävalssatut, sekunda

## LIITE 2

### Yleisperiaatteita

Leveydet 1000, 1250, 1500 leimataan mikäli mahdollista standardipaksuuksiin (mm).

Mikäli paksuus täyttää EN 10259 ja ASTM A 480 niin leimataan EA.

Millistandardipaksuuksilla 1524 mm leveä leikataan myyntivarastoon 1500 mm leveänä.

Seuraavassa esitetyt paksuudet ovat reunapaksuuksia. Määrittelyjä:

Millistandardipaksuudet leimauksessa (Eurooppa, Aasia) (= nimellispaksuus)

0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.00, 1.20, 1.25, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00, 3.50, 4.00, 4.50, 5.00, 5.50, 6.00, lisäksi kuumavalssatuilla 6.5, 7.0, 7.5 ja 8.0 mm.

### Standardileveydet (mm)

Eurooppa	1000	1250	1500
Aasia	1000	1219	1500
USA/CAN		1219	

Leveydet tarkoittavat reunattuja leveyksiä.

Leimattavat teräslajit

E merkitsee eurooppalaisia terässtandardeja (EN).

A ASTM A 240 / SA 240 mukainen teräslajileimaus.

### Leimaus kylmävalssatuilla

-----+-----		
ASTM/EN		
-leimaus		
-----+-----		
reuna-	leimaus	
paksuusalue  nim.paks./stand.		
-----+-----		
0.45-0.54	0.50 EA	
-----+-----		
0.55-0.63	0.60 EA	
-----+-----		
0.65-0.73	0.70 EA	
-----+-----		
0.74-0.83	0.80 EA	
-----+-----		
0.84-0.93	0.90 EA	

0.94-1.06	1.00 EA
1.12-1.21	1.20 EA
1.22-1.33	1.25 EA
1.41-1.59	1.50 EA
1.90-2.10	2.00 EA
2.38-2.62	2.50 EA
2.88-3.12	3.00 EA
3.36-3.63	3.50 EA
3.86-4.13	4.00 EA
4.35-4.64	4.50 EA
4.85-5.14	5.00 EA
5.35-5.64	5.50 EA
5.85-6.15	6.00 EA

#### Leimaus kuumavalssatuilla

ASTM/EN- leimaus			
nim.paks.	reunapaksuusalue	leimaus	
	nim.paks./standardit		
2.0	1.82-2.18	2.00 E	
2.5	2.27-2.76	2.50 E	
3.0	2.77-3.26	3.00 E	
3.5	3.27-3.70	3.50 EA	
4.0	3.71-4.20	4.00 EA	

4.5	4.21-4.64	4.50 EA
5.0	4.65-5.20	5.00 E
5.0	4.75-5.35	5.00 A
5.5	5.21-5.64	5.50 E
5.5	5.36-5.74	5.50 A
6.0	5.65-6.20	6.00 E
6.0	5.75-6.32	6.00 A
6.5	6.21-6.61	6.50 E
6.5	6.33-6.74	6.50 A
7.0	6.62-7.20	7.00 E
7.0	6.75-7.34	7.00 A
7.5	7.21-7.61	7.50 E
7.5	7.35-7.74	7.50 A
8.0	7.62-8.25	8.00 E
8.0	7.75-8.50	8.00 A

ASTM: mukaan leimattavilla paksuuksilla  $\geq 5$  mm on huomioitu mahdollinen profiilin vaikutus reunapaksuuden ylärajoilla 3% suuruisena.

Muut paksuudet leimataan valmistuspaksuuden mukaan, teräslajit EA.  
Minimipaksuudet pelisääntöjen mukaan.